



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

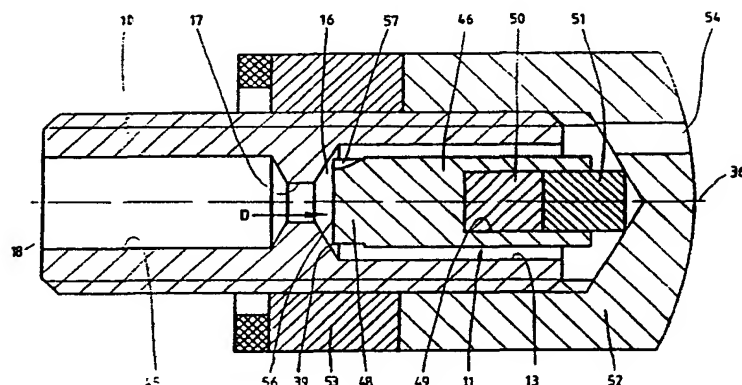
(51) Internationale Patentklassifikation 5 : <b>F16K X</b>	<b>A2</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 93/19313</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>30. September 1993 (30.09.93)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP93/00651</b> (22) Internationales Anmeldedatum: <b>18. März 1993 (18.03.93)</b> (30) Prioritätsdaten: P 42 09 098.9      20. März 1992 (20.03.92)      DE P 43 08 297.1      16. März 1993 (16.03.93)      DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>MANNESMANN REXROTH GMBH [DE/DE]; Postfach 340, D-8770 Lohr/Main (DE).</b> (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : <b>BEUERMANN, Herbert [DE/DE]; Hauptstr. 87, D-5297 Winterscheid (DE). OBERTRIFTER, Bernd [DE/DE]; Riedwiesen 12, D-8771 Steinfeld (DE).</b> (74) Gemeinsamer Vertreter: <b>MANNESMANN REXROTH GMBH; Postfach 340, D-8770 Lohr/Main (DE).</b>		(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b>  <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: **FLOW CONTROL VALVE, IN PARTICULAR FOR HYDRAULIC PRESSURE MEDIA**

(54) Bezeichnung: **STROMVENTIL, INSBESONDERE FÜR HYDRAULISCHE DRUCKMITTEL, UND VERWENDUNG EINES SOLCHEN STROMVENTILS**

(57) Abstract

A flow control valve, in particular for hydraulic pressure media, has an effective cross-section for the pressure media that is variable as a function of temperature. In order to achieve a considerable variation of cross-section with a compact design, the flow control regulator is equipped with a memory element made of a metal alloy having a reproducible memory effect, by means of which the effective cross-section can be changed by a change of shape of the memory element caused by a change in its crystalline structure within a narrow temperature range. Such a flow control valve is used in a particularly advantageous manner in a regulating or controlling circuit of a hydraulic pump, for pilot controlled distributing valves, pressure valves, proportional control valves and flow control valves, for regulation and injection in compression and spark ignition.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung geht aus von einem Stromventil, das insbesondere für hydraulische Druckmittel vorgesehen ist und das einen wirksamen Querschnitt für das Druckmittel besitzt, der temperaturabhängig veränderbar ist. Um bei kleiner Bauweise eine starke Veränderung des Querschnitts zu erreichen, ist das Stromventil mit einem aus einer Metallegierung hergestellten, einen wiederholbaren Memoryeffekt aufweisenden Memoryelement ausgestattet, durch dessen innerhalb eines kleinen Temperaturintervalls stattfindende und auf eine Änderung des Kristallgefüges beruhende Formänderung der wirksame Querschnitt veränderbar ist. Ein solches Stromventil wird in besonders vorteilhafter Weise in einem Regel- oder Steuerkreis einer hydraulischen Pumpe, für vorgesteuerte Wege-, Druck-, Proportional- und Stromventile, für Regelungen und Einspritzungen bei Diesel- und Ottomotoren verwendet.

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	PL	Polen
BJ	Benin	IE	Irland	PT	Portugal
BR	Brasilien	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SK	Slowakische Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Sowjet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam
FI	Finnland				

## Beschreibung

### Stromventil, insbesondere für hydraulische Druckmittel, und Verwendung eines solchen Stromventils

Die Erfindung geht aus von einem Stromventil, das insbesondere  
5 für hydraulische Druckmittel verwendet wird und das einen wirk-  
samen Querschnitt für das Druckmittel besitzt, der temperaturab-  
hängig veränderbar ist.

Ein solches Stromventil ist aus dem Handbuch der Hydraulik, 4.  
Ausgabe, 1982 der Fa. Vickers mit Sitz in Bad Homburg v.d.H. be-  
10 kannt. Es enthält einen temperaturempfindlichen Leichtmetallkol-  
ben, dessen Abmessungen sich mit der Temperatur ändern, wodurch  
sich der von Hand eingestellte Querschnitt für das Druckmittel  
selbsttätig bei Temperaturanstieg verengt, wie er sich umgekehrt  
mit fallender Betriebstemperatur vergrößert. Damit soll eine Än-  
15 derung der Viskosität des Druckmittels mit der Temperatur, die  
bei einem konstanten Querschnitt zu unterschiedlichen Strömungs-  
widerständen und damit zu unterschiedlichen Volumenströmen füh-  
ren würde, ausgeglichen werden. Unter Leichtmetall wird im all-  
gemeinen Aluminium verstanden, das eine Längenausdehnungskon-  
20 stante von 0,000024 pro Grad hat. Die Abmessungen eines Leicht-  
metallkolbens ändern sich deshalb bei sich ändernder Temperatur  
nur sehr wenig und können die Änderung der Viskosität des Druck-  
mittels nur unvollkommen ausgleichen, zumal es auf eine kl ine  
Bauweise ankommt und deshalb die Länge des Leichtmetallkolbens  
25 nicht groß sein kann. Dadurch ist auch die absolute Längenände-  
rung beschränkt.

Stromventile werden u.a. eingesetzt, um die Geschwindigkeit von  
Zylindern zu steuern und um Regelschwingungen von Verstellpumpen  
zu dämpfen. Nimmt man eine Hydraulikanlage in Betrieb, so steigt  
30 die Temperatur des Druckmittels und der Systemkomponenten von  
der Umgebungstemperatur allmählich auf die Betriebstemperatur  
an. Während dieses Temperaturanstiegs wird die Viskosität d s  
Druckmittels g ringer, so daß sich die Strömungswiderstände ver-  
ringern und z.B. ein Zylinder zunächst nur mit einer niedrigen

Geschwindigkeit verfahren werden kann, die sich erst mit Erreichen der Betriebstemperatur auf die gewünschte Geschwindigkeit einstellt. Ebenso ändern sich mit sich ändernder Temperatur auch in einem Regelkreis einer Verstellpumpe die Strömungswiderstände und damit der Grad der Dämpfung der Regelschwingungen der Verstellpumpe.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Stromventil mit einer temperaturabhängigen Veränderung des wirksamen Querschnitts für das Druckmittel so weiterzuentwickeln, daß auch bei einer kleinen Bauweise eine genügend große Querschnittsveränderung möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Stromventil gelöst, das mindestens ein aus einer Metallegierung hergestelltes, einen wiederholbaren Memoryeffekt aufweisendes Memoryelement enthält, durch dessen innerhalb eines kleinen Temperaturintervalls stattfindende und auf eine Änderung des Kristallgefüges beruhende Formänderung der wirksame Querschnitt veränderbar ist. Bauteile aus einer Metallegierung mit einem Memoryeffekt, einer sogenannten Formgedächtnislegierung, ändern innerhalb des Temperaturintervalls, in dem der Übergang vom einen Kristallgefüge zum anderen Kristallgefüge stattfindet, ihre Abmessungen um bis zu 5 %. Diese Änderung ist prozentual wesentlich größer als die temperaturabhängige Volumenänderung fester Körper, die diese innerhalb eines Temperaturintervalls von z.B. -40 bis +100 Grad C zeigen und die auf die sich mit der Temperatur ändernde Größe der Schwingungen der Gitterbausteine zurückzuführen ist. Schon kleine Memoryelemente zeigen deshalb relativ große absolute Formänderungen, so daß ein erfindungsgemäßes Stromventil sehr klein baut. Will man z.B. eine Steuerkante um 150 Mikrometer verschieben, so genügt, wenn man ein Memoryelement aus einer Metallegierung mit einer 4%igen Längenänderung verwendet, eine Länge des Memoryelements von etwa 4 mm.

Vorteilhafte Ausgestaltungen eines erfindungsgemäßen Stromventils kann man den Unteransprüchen entnehmen.

So werden insbesondere Ausführungen bevorzugt, bei denen mehrere Memoryelemente vorhanden sind, die sich hinsichtlich ihrer Umwandlungstemperatur voneinander unterscheiden. Auf diese Weise läßt sich der wirksame Querschnitt für das Druckmittel besonders gut an eine Kennlinie, die die Abhängigkeit einer Größe, z.B. des Volumenstroms, von der Viskosität angibt, anpassen. Für den Querschnitt sind dann nicht nur zwei Extremwerte möglich. Der Querschnitt kann vielmehr auch mindestens einen Zwischenwert zwischen seinen beiden Extremwerten einnehmen. Vorteilhafterweise fügt sich dabei die Formänderung eines Memoryelements mit einer ersten Umwandlungstemperatur zur Formänderung eines anderen Memoryelements mit einer zweiten Umwandlungstemperatur hinzu.

Die Verformung eines Memoryelements findet innerhalb eines Temperaturintervalls von etwa 10 Grad statt. Je nach der Größe des gesamten Temperaturbereichs, in dem eine Querschnittsveränderung stattfinden soll und je nach der Anzahl von Memoryelementen mit verschiedenen Umwandlungstemperaturen, die man verwenden will, können sich die Umwandlungstemperaturintervalle zweier unterschiedlicher Memoryelemente unmittelbar aneinander anschließen oder einen Abstand voneinander haben. Will man z.B. einen Temperaturbereich von -10 Grad C bis +50 Grad C abdecken, so kann man sechs verschiedene Memoryelemente verwenden, deren Umwandlungstemperaturintervalle von etwa 10 Grad sich unmittelbar aneinander anschließen. Soll der Temperaturbereich unter Beibehaltung von 6 Memoryelementen bis auf +70 Grad C erweitert werden, so kann man die Umwandlungstemperaturintervalle so auswählen, daß zwischen den Umwandlungstemperaturintervallen aller oder auch nur einiger Memoryelemente ein Abstand vorhanden ist. Da die Änderung der Viskosität mit ansteigender Temperatur immer geringer wird, kann man insbesondere für die Memoryelemente, die höhere Umwandlungstemperaturen besitzen, einen Abstand zwischen den Temperaturintervallen vorsehen. Durch verschieden große Abstände zwischen den Umwandlungstemperaturintervallen kann die Querschnittsveränderung auch an eine nichtlineare Kennlinie angepaßt werden.

Eine solche Anpassung ist in besonders vorteilhafter Weise jedoch dadurch möglich, daß gemäß Anspruch 6 mehrere Memoryelemente vorhanden sind, die sich hinsichtlich der Größe ihrer absoluten Formänderung unterscheiden. Man kann dazu verschieden  
5 große Memoryelemente oder Memoryelemente, die sich hinsichtlich ihrer prozentualen Formänderung voneinander unterscheiden, verwenden. So kann man z.B. in einem Temperaturbereich, in dem sich die Viskosität stark ändert, für eine große Querschnittsveränderung ein Memoryelement mit einer großen prozentualen Formänderung  
10 benutzen. In einem Temperaturbereich, in dem sich die Viskosität nur noch wenig ändert, kann man dagegen ein Memoryelement mit einer kleinen prozentualen Formänderung benutzen. In der absoluten Größe brauchen sich die beiden Memoryelemente nicht zu unterscheiden, so daß eine solche Lösung besonders dann  
15 von Vorteil ist, wenn genügend Bauraum zur Verfügung steht. Auch ist ein Memoryelement mit bestimmten äußeren Abmessungen und einer kleinen prozentualen Formänderung u.U. leichter zu handhaben als ein anderes Memoryelement mit viel kleineren Abmessungen und einer großen prozentualen Formänderung.

Grundsätzlich ist es möglich, ein erfindungsgemäßes Stromventil in einem Fall einzusetzen, in dem das Ventil bei niedriger oder bei hoher Temperatur ganz geschlossen sein soll. In vielen Anwendungsfällen wird es jedoch genügen, daß der wirksame Querschnitt bis auf einen kleinsten Wert, der größer Null ist, ver-  
25 änderbar ist. Dann ist es günstig, wenn gemäß Anspruch 12 für das Druckmittel ein erster Durchgang mit einem festen Querschnitt und ein zweiter Durchgang mit einem durch das mindestens eine Memoryelement vorzugsweise bis auf Null veränderbaren Querschnitt vorhanden sind. Dadurch ist sichergestellt, daß auch bei  
30 einem Defekt an den Memoryelementen in jedem Fall ein Volumenstrom möglich ist. Vorteilhafterweise ist der erste Durchgang eine Bohrung, während der zweite Durchgang zwischen einer Kegelfläche und einer kreisrunden Kante gebildet wird.

Bevorzugt wird der wirksame Querschnitt durch eine Maßänderung  
35 des mindestens einen Memoryelements in Richtung einer Längsachse des Stromventils verändert. Befindet sich der Durchgang mit ver-

änderbarem Querschnitt zwischen einer Kegelfläche und einer kreisrunden Kante, so werden dann also die Kegelfläche und die Kante in Richtung der Längsachse des Stromventils relativ zu in-ander bewegt.

- 5 Bei Memoryelementen unterscheidet man den Einwegeffekt und den Zweiwegeffekt voneinander. Beim Einwegeffekt wird ein Memoryelement bei niedriger Temperatur durch eine äußere Kraft verformt. Erhöht man dann die Temperatur, so nimmt das Memoryelemente wieder seine ursprüngliche Form vor der durch die äußere Kraft bewirkten Verformung ein. Bei der anschließenden Abkühlung wird  
10 keine weitere Formänderung bewirkt. Memoryelemente mit Zweiwegeffekt erinnern sich sowohl an eine Hochtemperatur- als auch an eine Niedertemperaturform. Sie ändern demgemäß ihre Form sowohl beim Erwärmen als auch beim Abkühlen ohne äußere Hilfsmaßnahmen.
- 15 Die Form eines Memoryelements kann man reversibel auch dadurch ändern, daß man den Einwegeffekt mit Hilfe einer äußeren Kraft stets von neuem erzeugt. Diese äußere Kraft muß stark genug sein, um beim Abkühlen des Memoryelements eine temperaturabhängige Formänderung herbeizuführen, darf jedoch nicht so groß  
20 sein, daß sie die Formänderung beim Erwärmen des Memoryelements behindern würde. Die zuletzt beschriebene Methode zur Erzeugung einer reversiblen temperaturabhängigen Formänderung ist meist die preisgünstigere. Deshalb ist in der bevorzugten Ausführung gemäß Anspruch 15 vorgesehen, daß ein elastisches Rückstellelement oder das Druckmittel eine auf das mindestens ein Memory-  
25 element wirkende Rückstellkraft erzeugt. Wenn Druckmittel durch das Stromventil strömt, tritt eine Druckdifferenz auf, aus der eine auf das Memoryelement wirkende Kraft resultiert, aufgrund derer das Memoryelement beim Abkühlen wieder in seine alte Form zurückkehrt und in seine Ausgangsposition gebracht wird. Zur  
30 Rückverformung genügt es auch, wenn das Memoryelement allseitig gleichem Druck ausgesetzt ist, so daß eine Vergrößerung und Verkleinerung des wirksamen Querschnitts auch dann stattfindet, wenn kein Druckmittel strömt, jedoch ein bestimmter Druck vorhanden ist. Allerdings kommt dann das Memoryelement nach einer  
35

Rückverformung erst dann in eine definierte Ausgangsposition, wenn wieder Druckmittel strömt.

Um die vom Druckmittel ausübbare Rückstellkraft noch zu erhöhen, kann man gemäß Anspruch 16 eine von dem mindestens einen Memory-  
5 element abgestützte Prallfläche für das strömende Druckmittel vorsehen.

Einen in konstruktiver Hinsicht besonders einfacher Aufbau eines erfindungsgemäßen Stromventils erhält man dadurch, daß es gemäß  
Anspruch 17 ein Gehäuse mit einer Bohrung, die eine Verengung  
10 besitzt, aufweist und daß von dem mindestens einen Memoryelement ein sich in der Bohrung befindliches Ventilelement mit einer Steuerkante oder einer Steuerfläche axial gegenüber der Verengung bewegbar ist. Dabei kann das Ventilelement auch identisch mit einem Memoryelement sein.

15 Um den kleinsten und/oder größten wirksamen Querschnitt des Stromventils einstellen zu können, ist gemäß Anspruch 18 vorgesehen, daß sich das Memoryelement gehäuseseitig an einem relativ zum Gehäuse justierbaren Gegenlager abstützt.

Das Ventilelement wird vorzugsweise durch die Bohrung beweglich  
20 geführt, wobei dann auch eine Führung des Memoryelements durch das Ventilelement möglich ist.

Bei einer anderen zweckmäßigen Konstruktion werden die vorhandenen Memoryelemente und das Ventilelement und ein eventuell vorhandenes elastisches Rückstellelement mit einem Träger zu einer  
25 Zusammenbaugruppe zusammengefaßt. Dazu ist es gemäß Anspruch 21 vorgesehen, daß das mindestens eine Memoryelement und das Ventilelement an einem in ein Gehäuse eingesetzten Träger angeordnet und geführt sind und daß das Memoryelement von der Rückstellkraft an einen Anschlag am Träger andrückbar ist. Ein eventuell  
30 vorhandenes Rückstellelement ist vorteilhafterweise beidseitig direkt oder indirekt am Träger und nicht einseitig am Gehäuse und einseitig am Träger abgestützt.



Durch eine Ausgestaltung gemäß den Ansprüchen 24, 25 und 26 ist bei einfacher Herstellung einerseits eine gute Führung des Ventilelements oder sichere Befestigung des Trägers im Gehäuse gewährleistet und ein Fluß des Druckmittels in der Bohrung des Gehäuses ermöglicht.

Besonders vorteilhaft erscheint auch eine Ausführung gemäß Anspruch 29. Danach findet sich die Bohrung in einem mit einem Außengewinde versehenen Gehäuse, insbesondere in einer Zylinderschraube. Das Gehäuse kann also mitsamt den Memoryelementen in eine größere Einheit eingeschraubt werden. Dabei können die Memoryelemente, der Träger und das Rückstellelement so klein gebaut werden, daß sie z.B. in eine Zylinderschraube der Größe M 6 passen.

Bei einem erfindungsgemäßen Stromventil kann je nach Anwendungsfall der Querschnitt für den Durchfluß des Druckmittels so verändert werden, daß der Volumenstrom über den gesamten Bereich der auftretenden Temperaturen konstant ist. Es ist jedoch auch möglich, den wirksamen Querschnitt so zu verändern, daß der Volumenstrom mit zunehmenden Temperaturen abnimmt. Darüber hinaus ist auch eine Ausführung denkbar, bei der der Volumenstrom zwar mit ansteigenden Temperaturen noch zunimmt, die Zunahme jedoch geringer ist als in dem Fall, in dem der Querschnitt konstant bleibt.

Zwei als Düse bezeichnete Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Stromventils sind in den Zeichnungen dargestellt. Anhand der Figuren dieser Zeichnungen wird die Erfindung nun näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 einen Längsschnitt durch das erste Ausführungsbeispiel,

Figur 2 eine Ansicht der Düse in Richtung des Pfeiles A aus

Figur 1,

Figur 3 eine Ansicht der Düse in Richtung des Pfeiles B aus

Figur 1,

Figur 4 einen Längsschnitt durch eine Zusammenbaugruppe der Düse

nach den Figuren 1 bis 3 bestehend aus einem Träger,  
mehreren Memoryelementen und einem Rückstellelement,  
Figur 5 einen Längsschnitt durch das zweite Ausführungsbeispiel,  
Figur 6 eine Draufsicht auf das Ventilelement in Richtung des  
Pfeiles D aus Figur 5 und  
Figur 7 die in einem Block eingebaute Düse nach Figur 5.

Die Düse aus den Figuren 1 bis 4 besitzt ein Gehäuse 10 in Form einer Zylinderschraube, die mit einer durchgehenden Bohrung 11 versehen ist. Ausgehend von der einen Stirnseite 12 des Gehäuses 10 besitzt die Bohrung 11 zunächst einen Bohrungsabschnitt 13, dessen axiale Länge etwas weniger als  $1/3$  der Länge des Gehäuses 10 und dessen Durchmesser etwa  $2/3$  des Durchmessers des Gehäuses 10 beträgt. In einem axial nur kurzen Konus 14 geht der Bohrungsabschnitt 13 in einen Bohrungsabschnitt 15 über, dessen axiale Länge ebenfalls ungefähr  $1/3$  der Länge des Gehäuses 10 beträgt und dessen Durchmesser nur geringfügig kleiner als der Durchmesser des Bohrungsabschnitts 13 ist. Auf den Bohrungsabschnitt 15 folgt wiederum ein kegelstumpfförmiger Abschnitt 16 der Bohrung 11, dessen axiale Länge etwas weniger als die Hälfte der axialen Länge des Bohrungsabschnitts 15 beträgt und in dem sich der Durchmesser der Bohrung 11 bis auf etwa  $1/4$  des Durchmessers des Gehäuses 10 verringert. Diesen verringerten Durchmesser weist ein letzter Bohrungsabschnitt 17 auf, mit dem die Bohrung 11 an der zweiten Stirnseite 18 des Gehäuses 10 endet. Ein durchgehender Schlitz 19 an der Stirnseite 18 des Gehäuses 10 erlaubt es, einen Schraubendreher anzusetzen und das Gehäuse 10 der Düse z.B. in das Gehäuse einer Hydraulikpumpe einzudrehen.

In die Abschnitte 13 und 15 der Bohrung 11 des Gehäuses 10 ist eine Zusammenbaugruppe eingesetzt, die einen Träger 25, mehrere Memoryelemente 26 bis 31 und ein Rückstellelement bestehend aus zwei Tellerfedern 32 umfaßt. Zum Träger 25 gehört ein zentraler Dorn 33, der an seinem einen Ende einen als Anschlag für die Tellerfedern 32 wirkenden Außenbund 34 aufweist. Auf den Dorn 33 sind zunächst die zwei Tellerfedern 32 aufgeschoben, die sich radial innen an dem Außenbund 34 abstützen. Auf die Tellerfedern

32 folgen die Memoryelemente 26 bis 31, die als runde Scheiben mit einer zentralen Öffnung ausgebildet sind. Die Passung zwischen den Memoryelementen 26 bis 31 und dem Dorn 33 erlaubt eine Längsbewegung der Memoryelemente am Dorn. Auf den Dorn 33 ist schließlich noch eine Hülse 35 aufgepreßt, die, wie deutlich aus Figur 2 ersichtlich, in einer Schnittebene senkrecht zur Achse 36 des Dorns 33 eine quadratische Außenkontur mit gebrochenen Ecken 47 besitzt. Diese sind mit einem Radius versehen, der auf den Durchmesser des Bohrungsabschnitts 13 abgestimmt ist.

Der Außendurchmesser der Memoryelemente 26 bis 31 entspricht dem Durchmesser eines einbeschriebenen Kreises der Hülse 35. An der Hülse 35, die man als Bund des Dornes 33 betrachten kann, liegt das Memoryelement 31 an. Alle Memoryelemente werden also von den Tellerfedern 32 gegen die Hülse 35 gedrückt, die als weiterer Anschlag des Trägers 25 dient.

Alle Memoryelemente 26 bis 31 sind aus solchen Metallegierungen gefertigt, daß sie bei der Änderung des Gittergefüges, beim sogenannten Phasenübergang, ihre Länge in Richtung der Achse 36 um etwa 4 % ändern. Insofern besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Memoryelementen. Unterschiedlich sind jedoch ihre Umwandlungstemperaturen. Das Verhalten der Memoryelemente bei sich erhöhender Temperatur betrachtet, möge z.B. das Umwandlungstemperaturintervall des Memoryelements 26 zwischen -10 und 0 Grad C, das des Memoryelements 27 zwischen 0 und +10 Grad C, das des Memoryelements 28 zwischen +10 und +20 Grad C, das des Memoryelementes 29 zwischen +20 und +30 Grad C, das des Memoryelements 30 zwischen +30 und +40 Grad C und das des Memoryelements 31 zwischen +40 und +50 Grad C liegen. Die Umwandlungstemperaturintervalle zweier unterschiedlicher Memoryelemente schließen sich also unmittelbar aneinander an. Außerdem in ihrer Umwandlungstemperatur unterscheiden sich die Memoryelemente 26 bis 31 auch in ihrer Dicke in Richtung der Achse 36. Dies bedeutet, daß bei gleicher prozentualer Dickenveränderung während des Phasenübergangs die absolute Formänderung von Memoryelement zu Memoryelement verschieden ist. Sie ist am größten bei dem Memoryelement 26, das unmittelbar von den Tellerfedern

32 beaufschlagt wird, und nimmt dann über die Memoryelemente 27, 28, 29 und 30 bis zum Memoryelement 31 hin ab.

Durch den Dorn 33 führt eine Stufenbohrung 37 hindurch, die den ersten, kleinsten Durchgang für das Druckmittel darstellt.

- 5 Die in Figur 4 gezeigte Zusammenbaugruppe ist von der Stirnseite 12 des Gehäuses 10 aus in die Bohrung 11 eingesetzt und durch Preßsitz zwischen den gebrochenen Ecken 47 der Hülse 35 und der Wandung des Bohrungsabschnitts 13 gehalten. Eine Einstellbarkeit des Trägers 25 relativ zum Gehäuse ist nicht vorgesehen. Wie man  
10 deutlich aus Figur 1 ersieht, ist der Außendurchmesser der Memoryelemente 26 bis 31 kleiner als der Durchmesser des Bohrungsabschnitts 15, so daß zwischen dem Memoryelement und dem Gehäuse 10 ein Ringspalt 38 vorhanden ist. Der Bund 34 des Dornes 33 befindet sich auf Höhe des Bohrungsabschnittes 16. Zwischen der  
15 Kegelfläche dieses Bohrungsabschnitts 16 und der kreisrunden, dieser Kegelfläche zugewandten Außenkante 39 der am Bund 34 anliegenden Tellerfeder 32 ist ein zweiter Durchgang 40 für das Druckmittel gebildet, das in dem Ringspalt 15 fließen kann. Bei maximalem Querschnitt dieses zweiten Durchgangs 40 begrenzt der  
20 Abschnitt 17 der Bohrung 11 den Volumenstrom. Wenn die Memoryelemente ihre axiale Ausdehnung verändern, schieben sie die erwähnte Kante 39 näher an die Kegelfläche 16 heran und verringern dadurch den Querschnitt des zweiten Durchgangs 40. Beim Abkühlen nehmen die Memoryelemente unter der Wirkung der beiden Tellerfedern 32 wieder eine Form geringerer axialer Länge ein. Der Querschnitt des zweiten Durchgangs 40 vergrößert sich wieder. Bei dieser Querschnittsveränderung addiert sich die Formänderung eines Memoryelements jeweils zur Formänderung der anderen Memoryelemente hinzu. Die die Steuerkante 39 aufweisende Tellerfeder  
25 32 kann als verstellbares Ventilelement des Stromventils gemäß den Figuren 1 bis 3 angesehen werden.

Es sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei der als  
erstes Ausführungsbeispiel gezeigten Düse der Querschnitt der  
Bohrung 37, also des ersten Durchgangs durch die Memoryelemente  
35 nicht beeinflußt wird. Veränderbar ist nur der Querschnitt zwi-

schen der Kegelfläche 16 und der Kante 39. Somit ist immer ein Mindestquerschnitt für den Durchfluß des Druckmittels g geben.

Außerdem ist zu betonen, daß die beschriebene Düse unabhängig von der Strömungsrichtung des Druckmittels sowohl bei dessen  
5 Fließen von der Stirnseite 12 zur Stirnseite 18 als auch bei dem Fließen von der Stirnseite 18 zur Stirnseite 12 des Gehäuses 10 funktioniert.

Auch die Düse gemäß den Figuren 5 bis 7 besitzt als Gehäuse 10 eine Zylinderschraube mit einer durchgehenden Bohrung 11. Allerdings ist das Gehäuse 10 über den Bereich mit dem Bohrungsabschnitt 17 hinaus verlängert und besitzt in dieser Verlängerung einen Abschnitt 45 der Bohrung 11, dessen Durchmesser wieder größer als der Durchmesser des Bohrungsabschnitts 17 ist. Außerdem erstreckt sich der Bohrungsschnitt 13 nun bis zu dem kegelformigen Bohrungsabschnitt 16. Ein Bohrungsabschnitt 15 wie  
10 beim ersten Ausführungsbeispiel ist nicht vorhanden. Das Ventilelement der zweiten Ausführung wird von einem Kolben 46 gebildet, der über den größten Teil seiner Länge eine quadratische Außenkontur mit gebrochenen Ecken 47 besitzt. Die gebrochenen Ecken haben, wie aus Figur 6 hervorgeht, genauso wie die gebrochenen Ecken der Hülse 35 des ersten Ausführungsbeispiels einen Radius. Dieser ist jedoch nun so auf den Durchmesser des Bohrungsabschnitts 13 abgestimmt, daß der Kolben 46 im Bohrungsabschnitt 13 beweglich geführt ist. An seinem dem Bohrungsabschnitt 16 zugewandten Ende ist an den Kolben 46 ein im Querschnitt kreisrunder Ansatz 48 angeformt, der eine Steuerkante 39 aufweist, die mit der Kegelfläche des Bohrungsabschnitts 16 zusammenwirkt. Der Durchmesser des Ansatzes 48 ist geringfügig kleiner als der Durchmesser eines der quadratischen Außenkontur  
15 des Kolbens 46 einbeschriebenen Kreises. Durch eine Nut 57 in dem Ansatz 48 ist auch bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 5 bis 7 dafür gesorgt, daß der wirksame Querschnitt für das Druckmittel nur bis auf einen kleinsten Wert, der größer null ist, veränderbar ist.

Von der dem Ansatz 48 gegenüberliegenden Stirnseite ist in den Kolben 46 eine Sackbohrung 49 eingebracht. In diese sind zwei Memoryelemente 50 und 51 eingeschoben, die gleich groß sind, sich jedoch in ihren Umwandlungstemperaturen unterscheiden.

5 Beide Memoryelemente 50 und 51 sind in der Sackbohrung 49 in Richtung der Achse 36 der Düse längsbewegbar. Das Memoryelement 51 steht über den Kolben 46 vor und liegt in der in Figur 5 gezeigten Position des Kolbens 46 an einer Hutmutter 52 an, die auf die Zylinderschraube 10 aufgeschraubt und in einer bestimmten Lage durch eine Kontermutter 53 gesichert ist. In ihrem Hut  
10 hat die Hutmutter 52 mehrere Bohrungen 54 zum Durchtritt von Druckmittel. Wie man aus den Figuren 5 und 7 ersieht, ist das gegenüber der Ausführung nach den Figuren 1 bis 4 längere Gehäuse der Ausführung nach den Figuren 5 bis 7 notwendig, weil  
15 die Zylinderschraube 10 über die Kontermutter 53 vorstehen muß, um die Düse in einen Block 55 einschrauben zu können, wie dies in Figur 7 gezeigt ist.

Es sei angenommen, daß die einzelnen Teile der Düse in Figur 5 in Positionen gezeigt sind, die einer niedrigen Temperatur entsprechen. Die Memoryelemente 50 und 51 haben in Richtung der  
20 Achse 36 ihren kleinste Ausdehnung. Wenn sich nun die Temperatur über die Umwandlungstemperatur des einen Memoryelements erhöht, dehnt sich dieses in Richtung der Achse 36 aus und schiebt die Steuerkante 39 näher an den Kegel 16 heran. Steigt die Temperatur weiter auch über die Umwandlungstemperatur des zweiten Memoryelements, so dehnt sich auch dieses in Richtung der Achse 36  
25 aus und der Abstand zwischen der Steuerkante 39 und dem Kegel 16 wird noch kleiner oder sogar zu null. Bei einer Temperaturerniedrigung kehren die Memoryelemente in ihre alte Form zurück, wenn auf sie eine Rückstellkraft wirkt. Diese Rückstellkraft wird einmal durch den Druckabfall in der Düse und durch das strömende Druckmittel an der als Prallfläche wirkende Stirnfläche 56 des Kolbenansatzes 48 erzeugt. Auch wenn während der Temperaturerniedrigung kein Druckmittel durch die Düse strömt, sondern nur ein statischer Druck vorhanden, kehren die Memoryelemente 50 und 51 aufgrund der vom statischen Druck erzeugten  
35

Kraft in ihre alte Form zurück. Allerdings ist dann die Lage des Kolbens 46 nicht genau bestimmt. Erst wenn wieder Druckmittel strömt, wird das Memoryelement 51 gegen die Hutmutter 52 gedrückt. Die Position, die der Kolben 46 dann gegenüber der Kegelfläche 16 einnimmt, ist mit der Hutmutter 52 einstellbar. J nachdem wie weit diese auf das Gehäuse 10 aufgeschraubt wird, wird der Querschnitt zwischen der Steuerkante 39 und der Kegelfläche 16 von einem verschieden großen Ausgangsmaß aus verkleinert. Je nach Anwendungsfall und nach Wunsch des Anwenders kann man also verschiedene Düsenquerschnitte einstellen.

Während bei den Düsen nach den Figuren 1 bis 4 die Strömungsrichtung beliebig ist, ist bei der Ausführung nach den Figuren 5 bis 7 eine Strömung des Druckmittels in Richtung des Pfeiles D vorgegeben.

Auch bei der Ausführung nach den Figuren 1 bis 4 trägt der Druckabfall in der Düse zur Rückstellkraft auf die Memoryelemente bei, wenn das Druckmittel von der Verengung 17 her in die Düse einströmt. Der Druck vor der Steuerkante 39 beaufschlagt eine Wirkfläche an der vorderen Tellerfeder 32 und erzeugt eine Kraft in Richtung der Achse 36. Unter Umständen kann sogar auf die Tellerfedern 32 verzichtet und die Steuerkante 39 an einem Memoryelement oder an einer zusätzlichen Stahlscheibe ausgebildet werden. Die evt. vorhandene Stahlscheibe, die Memoryelemente und die Hülse 35 können miteinander verklebt sein, um sicherzustellen, daß diese Teile jeweils aneinander anliegen.

**Patentansprüche**

1. Stromventil, insbesondere für hydraulische Druckmittel, mit einem wirksamen Querschnitt für das Druckmittel, der temperaturabhängig veränderbar ist, **gekennzeichnet durch** mindestens  
5 ein aus einer Metallegierung hergestelltes, einen wiederholbaren Memoryeffekt aufweisendes Memoryelement (26 bis 31, 50, 51), durch dessen innerhalb eines kleinen Temperaturintervalls stattfindende und auf einer Änderung des Kristallgefüges beruhende Formänderung der wirksame Querschnitt veränderbar ist.
- 10 2. Stromventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Memoryelemente (26 bis 31, 50, 51) vorhanden sind, die sich hinsichtlich ihrer Umwandlungstemperatur voneinander unterscheiden.
- 15 3. Stromventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Formänderung eines Memoryelements (26 bis 31, 50, 51) mit einer ersten Umwandlungstemperatur zur Formänderung eines anderen Memoryelements (26 bis 31, 50, 51) mit einer zweiten Umwandlungstemperatur hinzufügt.
- 20 4. Stromventil nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Umwandlungstemperaturintervalle zweier unterschiedlicher Memoryelemente (26, 27; 27, 28; 28, 29; 29, 30; 30, 31) unmittelbar aneinander anschließen.
- 25 5. Stromventil nach Anspruch 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den Umwandlungstemperaturintervallen zweier unterschiedlicher Memoryelemente ein Abstand, vorzugsweise ein Abstand von 5 Grad Celsius, besteht.
- 30 6. Stromventil nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Memoryelemente (26 bis 31) vorhanden sind, die sich hinsichtlich der Größe ihrer absoluten Formänderung unterscheiden.



7. Stromventil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich mindestens zwei vorhandene Memoryelemente (26 bis 31) hinsichtlich ihrer Größe voneinander unterscheiden.

8. Stromventil nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich mindestens zwei vorhandene Memoryelemente hinsichtlich ihrer prozentualen Formänderung voneinander unterscheiden.

9. Stromventil nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Memoryelement (26) mit der niedrigsten Umwandlungstemperatur die größte absolute Formänderung aufweist.

10. Stromventil nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Memoryelement (31) mit der höchsten Umwandlungstemperatur die kleinste absolute Formänderung aufweist.

11. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der wirksame Querschnitt für das Druckmittel bis auf einen kleinsten Wert, der größer null ist, veränderbar ist.

12. Stromventil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß für das Druckmittel ein erster Durchgang (37) mit einem festen Querschnitt und ein weiterer Durchgang (40) mit einem durch das mindestens eine Memoryelement (26 bis 31) vorzugsweise bis auf null veränderbaren Querschnitt vorhanden sind.

13. Stromventil nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Durchgang eine Bohrung (37) ist und daß der zweite Durchgang (40) zwischen einer Kegelfläche (16) und einer kreisrunden Kante (39) gebildet wird.

14. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet durch eine Längsachse (36) und einer Veränderbarkeit des wirksamen Querschnitts durch eine axiale Maßänderung des mindestens einen Memoryelements (26 bis 31, 50, 51).

15. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß ein elastisches Rückstellelement (32) oder

das Druckmittel eine auf das mindestens eine Memoryelement (26 bis 31, 50 51) wirkende Rückstellkraft erzeugt.

16. Stromventil nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch eine von dem mindestens einen Memoryelement (50, 51) abgestützte  
5 Prallfläche (56) für das strömende Druckmittel.

17. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Gehäuse (10) mit einer Bohrung (11), die eine Verengung besitzt, aufweist, und daß von dem mindestens einen Memoryelement (26 bis 31, 50, 51) ein sich in der Bohrung  
10 (11) befindliches Ventilelement (32, 46) mit einer Steuerkante (39) oder einer Steuerfläche axial gegenüber der Verengung (17) bewegbar ist.

18. Stromventil nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Memoryelement (50, 51) gehäuseseitig an einem relativ zum Gehäuse (10) justierbaren Gegenlager (52) abstützt.  
15

19. Stromventil nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventilelement (46) durch die Bohrung (11) beweglich geführt ist.

20. Stromventil nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Memoryelement (50, 51) von dem Ventilelement (46) geführt ist.  
20

21. Stromventil nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Memoryelement (26 bis 31) und das Ventilelement (32) an einem in die Bohrung (11) des Gehäuses  
25 (10) gehäusefest eingesetzten Träger (25) angeordnet und geführt sind, daß das Memoryelement (26 bis 31) von der Rückstellkraft an einen Anschlag (35) am Träger (25) andrückbar ist, und daß zwischen dem Träger (25) mitsamt dem Memoryelement (26 bis 31) und dem Ventilelement (32) und dem Gehäuse (10) Zwischenraum  
30 (38) für den Fluß des Druckmittels vorhanden ist.

22. Stromventil nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Memoryelement (26 bis 31) und das

Ventilelement mit einer zentralen Bohrung auf einen Dorn (33) des Trägers (25) aufgeschoben sind, daß das Memoryelement auf der einen Seite gegen den Anschlag (35) am Träger (25) andrückbar ist und daß ein eventuell vorhandenes

5 Rückstellelement (32) auf der anderen Seite des Memoryelements (26 bis 31) angeordnet ist und sich an einem weiteren Anschlag (34) des Trägers (25) abstützt.

23. Stromventil nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine Tellerfeder (32) das elastische Rückstellelement und  
10 das Ventilelement bildet.

24. Stromventil nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventilelement (46) bzw. der Träger (25) wenigstens abschnittsweise eine polygonale, insbesondere eine regelmäßig polygonale, insbesondere eine quadratische Außenkontur besitzt und an den Ecken (47) der Außenkontur die Wand der  
15 Bohrung (11) kontaktiert.

25. Stromventil nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Ecken (47) der Außenkontur gebrochen und mit einem Radius versehen sind, der wenigstens angenähert dem Radius der  
20 Bohrung (11) des Gehäuses (10) entspricht.

26. Stromventil nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Memoryelement (26 bis 31) eine kreisrunde Außenkontur besitzt, wobei der Durchmesser des Memoryelements (26 bis 31) vorzugsweise gleich dem Durchmesser des  
25 einbeschriebenen Kreises der regelmäßig polygonalen Außenkontur ist.

27. Stromventil nach Anspruch 22 oder nach Anspruch 22 und einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Durchgang (37) für das Druckmittel durch den Dorn (33) des  
30 Trägers (25) hindurch verläuft.

28. Stromventil nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Durchgang (37) und der zweite Durchgang (40) un-

mittelbar vor dem Dorn (33) und im Bereich der Verengung (16) in der Bohrung (11) des Gehäuses (10) zusammentreffen.

29. Stromventil nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Bohrung (11) in einem mit einem Außengewinde versehenen Gehäuse (10), insbesondere in einer Zylinderschraube befindet.

30. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Memoryelemente (26 bis 31) vorhanden sind, die sich hinsichtlich ihrer Umwandlungstemperatur voneinander unterscheiden, und daß die absolute Größe der Formänderung der verschiedenen Memoryelemente (26 bis 31) so gewählt ist, daß der Druckmittelfluß zumindest angenähert temperaturunabhängig ist.

31. Stromventil nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die absolute Größe der Formänderung des mindestens einen Memoryelements (26 bis 31) so gewählt ist, daß der Druckmittelfluß bei einer höheren von zwei Temperaturen geringer ist als bei der niedrigeren Temperatur.

32. Verwendung eines Stromventils nach einem vorhergehenden Anspruch in einem Regel- oder Steuerkreis einer hydraulischen Pumpe, für vorgesteuerte Wege-, Druck-, Proportional- und Servoventile, für Regelungen und Einspritzungen bei Diesel- und Ottomotoren.

1/4

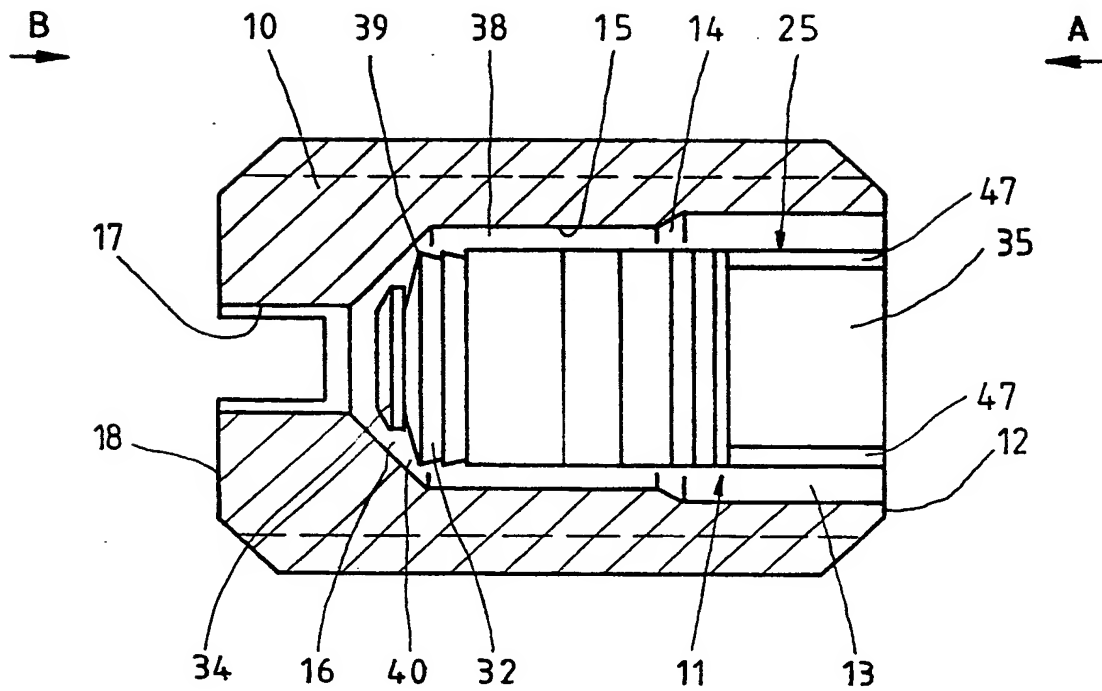


FIG. 1

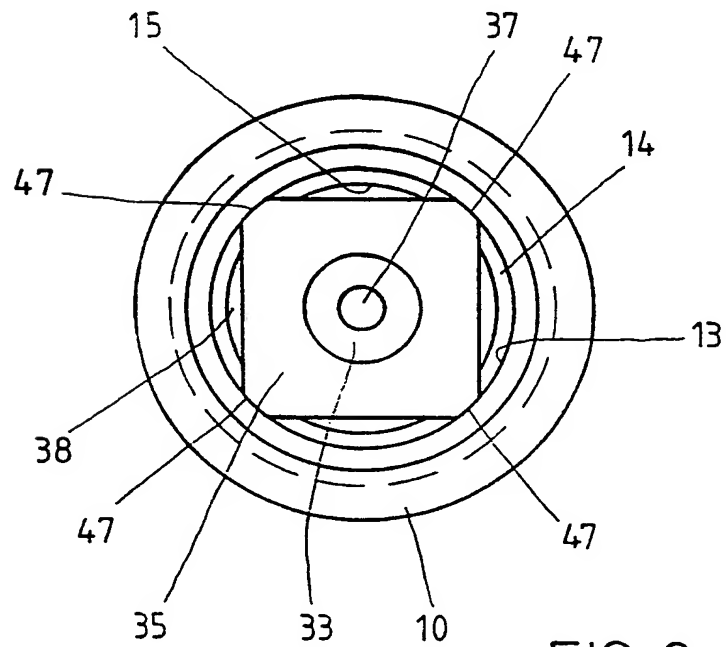


FIG. 2

# ERSATZBLATT

2/4

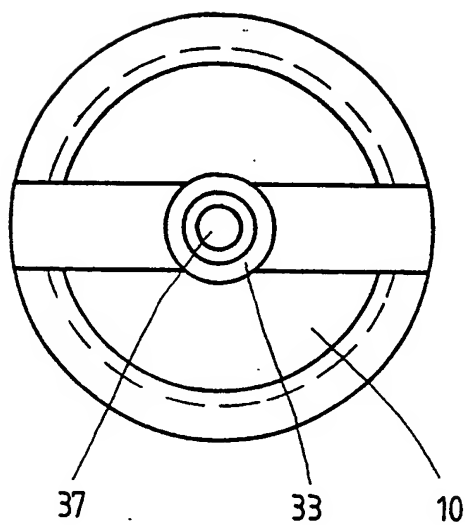


FIG. 3

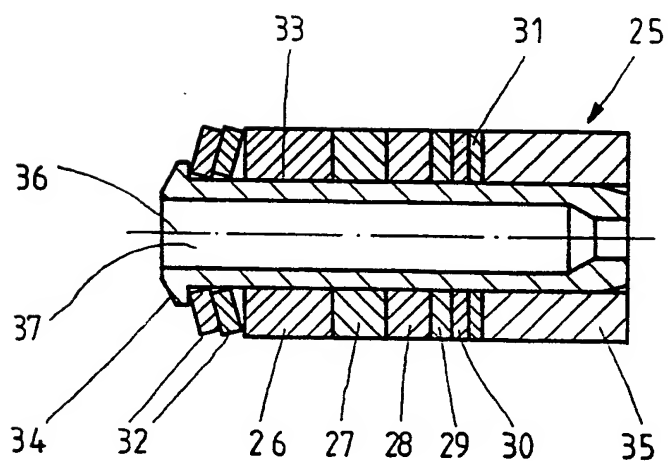


FIG. 4

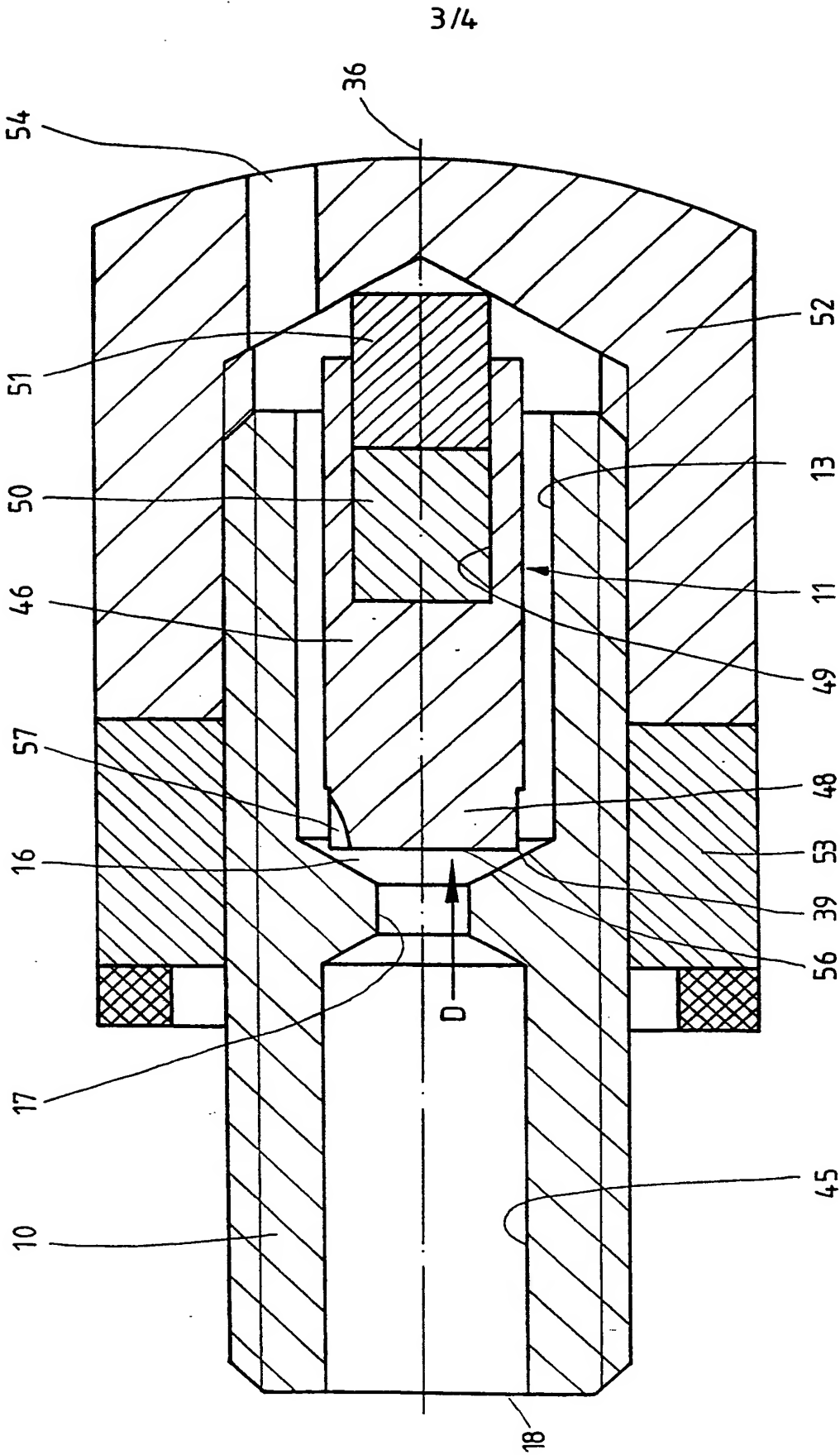


FIG. 5

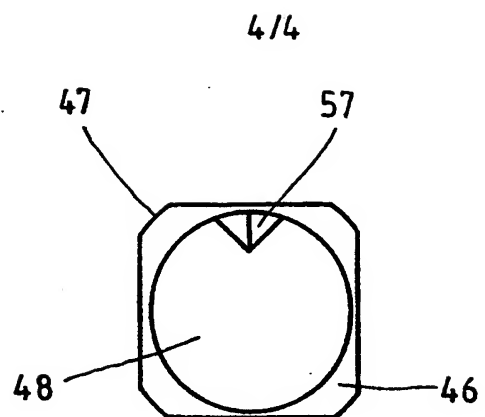


FIG. 6

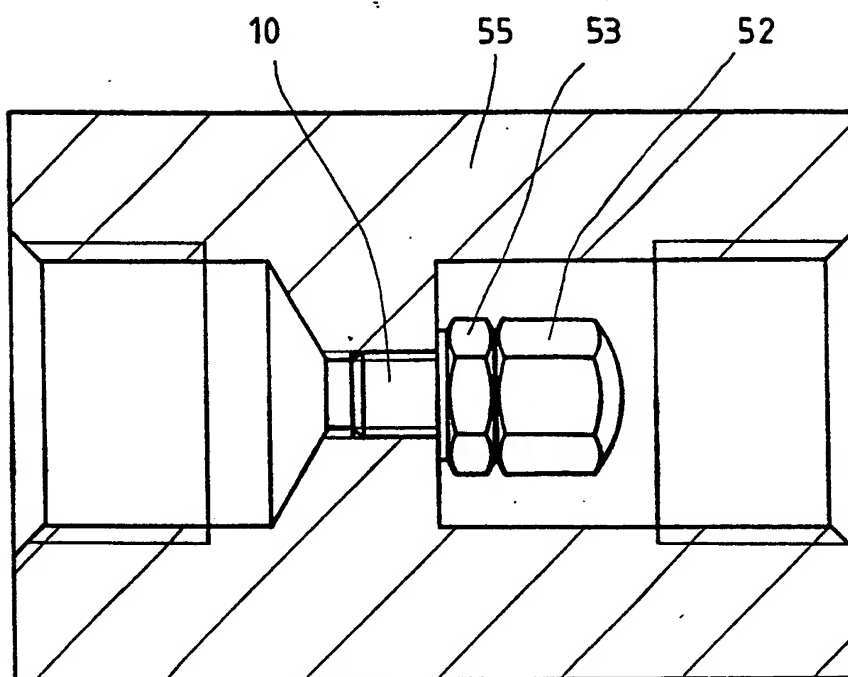


FIG. 7